



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003298107 A**(43) Date of publication of application: **17.10.03**

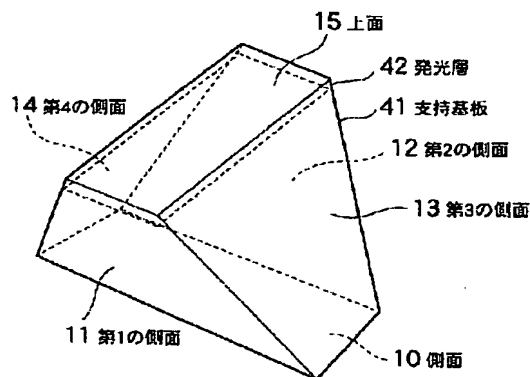
(51) Int. Cl.

H01L 33/00**H01L 21/301****H01L 21/306**(21) Application number: **2003016275**(22) Date of filing: **24.01.03**(30) Priority: **29.01.02 JP 2002020185**(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**(72) Inventor:
AKAIKE YASUHIKO
WASHITSUKA SHOICHI
KINUGAWA YOSHIYUKI**(54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE
AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor light emitting device which is reduced in cost, highly reliable, and improved in brightness.

SOLUTION: The semiconductor light emitting device is equipped with a light emitting layer 42, a first rectangular main surface 15 nearly parallel with the light emitting layer 42, a second rectangular main surface 10 which confronts the first main surface 15 as sandwiching the light emitting layer 42 between itself and the first main surface 15, and a first to a fourth roughened side, 11 to 14.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-298107

(P2003-298107A)

(43) 公開日 平成15年10月17日 (2003. 10. 17)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームト* (参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

A 5 F 0 4 1

21/301

21/78

R 5 F 0 4 3

21/306

21/306

B

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2003-16275 (P2003-16275)

(22) 出願日 平成15年1月24日 (2003. 1. 24)

(31) 優先権主張番号 特願2002-20185 (P2002-20185)

(32) 優先日 平成14年1月29日 (2002. 1. 29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 赤池 康彦

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

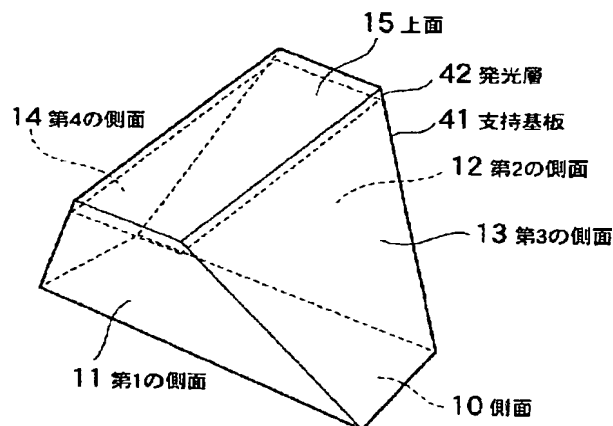
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低コストで信頼性が高く、且つ高輝度化を向上させた半導体発光素子を提供する。

【解決手段】 発光層42と、発光層に略平行な矩形形状の第1の主面15と、第1の主面15に発光層42を挟んで対向する矩形形状の第2の主面10と、第1の主面15及び第2の主面10の間に配置され、粗面からなる第1～第4の側面11～14とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光層と、

前記発光層に略平行な矩形形状の第 1 の主面と、
前記第 1 の主面に前記発光層を挟んで対向する矩形形状の
第 2 の主面と、

前記第 1 の主面及び前記第 2 の主面の間に配置され、粗
面からなる第 1 ～第 4 の側面とを備えることを特徴とす
る半導体発光素子。

【請求項 2】 対向する前記第 1 の側面及び前記第 2 の
側面は、前記第 1 の主面の対向する一組の辺に垂直な断面
が台形の形状を有し、対向する前記第 3 の側面及び前
記第 4 の側面は、前記第 1 の主面の対向する他の組の辺
に垂直な断面が逆台形の形状を有することを特徴とする
請求項 1 に記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記第 1 の側面及び前記第 2 の側面は、
前記第 1 の主面の対向する一組の辺から前記第 2 の主面
の対応する一組の辺に延在し、一方向に応力を受けるよ
うに配置され、前記第 3 の側面及び前記第 4 の側面は、
前記第 1 の主面の対向する他の組の辺から前記第 2 の主
面の対応する他の組の辺に延在し、前記一方向とは逆の
方向に応力を受けるように配置されることを特徴とする
請求項 1 又は 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記第 1 及び第 2 の側面と前記第 1 の主
面、及び前記第 3 及び第 4 の側面と前記第 2 の主面との
なす角が 20 ～ 40 度の範囲であることを特徴とする請
求項 1 ～ 3 に記載のいずれか 1 項に記載の半導体発光素
子。

【請求項 5】 前記第 1 及び第 2 の主面の面方位は、
(100) 面と (100) 面から 20 度傾いた面の範囲
であることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に
記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記粗面の粗さの間隔が 0.5 ～ 5 μm
の範囲であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか
1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 発光層を有する半導体基板の第 1 の主面
で V 字型ブレードを用いて一方向に第 1 の切り込みを形
成する工程と前記半導体基板の前記第 1 の主面に対向す
る第 2 の主面で前記 V 字型ブレードを用いて、前記一方
向と直交する他の方向に第 2 の切り込みを形成する工程
と、
前記第 1 及び第 2 の切り込みからチップを分離する工程
と、
前記第 1 及び第 2 の切り込み面にウェットエッチングを
施し、粗面を形成する工程とを含むことを特徴とする半
導体発光素子の製造方法。

【請求項 8】 前記粗面を形成するウェットエッチング
が、前記第 1 の切り込みを形成した後と前記第 2 の切り
込みを形成した後に実施されることを特徴とする請求項 7
に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 9】 前記粗面の粗さの間隔が 0.5 ～ 5 μm

の範囲であることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の
半導体発光素子の製造方法。

【請求項 10】 前記ウェットエッチングが塩酸により
行われることを特徴とする請求項 7 ～ 9 のいずれか 1 項
に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 11】 発光層を有する半導体基板をチップに
分離する工程と、
前記チップにフッ酸を用いたウェットエッチングより粗
面を形成する工程とを含むことを特徴とする半導体発光
素子の製造方法。

【請求項 12】 前記半導体基板の面方位は、(10
0) 面と (100) 面から 20 度傾いた面の範囲の {1
00} 面であることを特徴とする請求項 11 に記載の半
導体発光素子の製造方法。

【請求項 13】 前記粗面の粗さの間隔が 0.5 ～ 5 μm
の範囲であることを特徴とする請求項 11 又は 12 に
記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 14】 前記チップの形状は、直方体であるこ
とを特徴とする請求項 11 ～ 13 のいずれか 1 項に記載
の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高輝度半導体発光
素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体発光素子 (LED) の光出力は、
注入した電流に対するフォトンへの変換効率を表す内部
量子効率と、フォトンが半導体層内からモールド樹脂や
空気を通過して外部に放出される効率を表す光取り出し
効率の積で決まる。このうち、光取り出し効率を向上さ
せて LED の光出力を増大させるために、傾斜側面の採用
や、側面及び表面の粗面化、マイクロレンズ、反射防
止膜など数多くの方法が提案されている。

【0003】LED の光取り出し効率を向上させる基本
的な考えは次のように説明できる。フォトンの光取り出
し効率は、半導体層と周囲媒体の屈折率の相違により制
限を受け、例えば半導体層周囲をエポキシ樹脂で封止し
た場合、半導体層表面の垂線に対して 27 度未満の角度
で入射したフォトンしか外部に取り出すことはできない
ように設計されている。即ち、市場に出ている LED で
は、27 度以上の角度で入射したフォトン、半導体層
／エポキシ樹脂界面で反射されてしまうような光学的設
計が採用されているので、結晶内で吸収されて消滅する
か、もしくは多重反射の末、一部のフォトンのみが外部
に取り出されるのが一般的である。このため、半導体層
周囲をエポキシ樹脂で封止した場合の光取り出し効率は
低い効率にならざるを得ない。

【0004】この問題を解決するためには、発光層から
放出されたフォトンが半導体層／周囲媒体界面に入射す
る角度を小さくするように側面に傾斜側面を設けたり、

半導体層表面を粗面化することでランダムな半導体層/周囲媒体界面の角度分布を実現して、光散乱の効果によって多くのフォトンを取り出す方法がある。

【0005】傾斜側面に関しては、LEDチップを台形型に加工することで光取り出し効率を向上させている

(例えば、特許文献1及び2参照)。また、側面もしくは表面の粗面化についての提案が開示されている(例えば、特許文献3、4及び5参照)。また、実際に発光するデバイスに適用した例として、GaAlAs LEDの表面を、電子線描画装置を用いて円錐状に加工している(例えば、非特許文献1参照)。

【0006】また、半導体層から周囲媒体までの屈折率を連続的に変化させて光の屈折を防止する屈折率分布(graded index)層を半導体層表面に形成すれば光取り出し効率を向上させることができるが、現実的には、このような連続して変化する屈折率を有する層をLED表面に形成することは難しい。ただし、LED表面に発光波長以下の微小な凹凸を形成する、つまり表面を粗面化することにより屈折率分布層と同様の光取り出し効率向上効果を得ることができる可能性がある。

【0007】

【特許文献1】特開平10-341035号公報(第3-4頁、図2)

【0008】

【特許文献2】特開2001-68743号公報(第3頁、図1)

【0009】

【特許文献3】特開2000-196141号公報(第3-4頁、図1)

【0010】

【特許文献4】特開平10-200162号公報(第3頁、図2)

【0011】

【特許文献5】特開2000-299494号公報(第3-4頁、図1)

【0012】

【非特許文献1】石柱、第48回応用物理学関連連合講演会予稿集、講演番号31a-ZW-10、2001年3月、p. 997

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、LED側面に傾斜をつけて粗面化することにより光取り出し効率を向上させることが期待されているが、次のような新たな問題点が生ずる。

【0014】(1)側面を斜めに切断したGaP基板の斜面を粗面化する場合、結晶方位の関係で、4面あるうちの2面しか粗面化できないので、必然的に4面全てを粗面化するよりも光取り出し効率は小さくなってしまふ。これでは本来の発光層がもっている内部量子効率の実力を、充分発揮できているとは言い難い。

【0015】(2)モールド樹脂応力の不均一性によるチップの信頼性低下の問題である。すなわち、側面に傾斜を設けた台形型のLEDチップをエポキシ等の樹脂でモールドした場合、表面電極が裏面電極よりも面積が大きいとなると、LEDチップには樹脂から上向きの力が加わる。逆に表面電極が裏面電極よりも小さい場合には下向きの力が加わる。このようなにチップに加わる不均一な応力は、歪やクラックの原因となり、LEDの長期信頼性を著しく損なう。また、LEDチップへの過度な応力はチップ剥がれ、チップ割れの原因となる。このような樹脂応力の問題は、従来の直方体型のLEDチップでは、対向する側面に加わる力が打ち消し合うのでバランスが取れていたもの、台形型のLEDチップではチップ形状の対称性を保つことができないので、根本的に解決するのは非常に難しい。

【0016】本発明は、上述の如き従来の問題点を解決するためになされたもので、その目的は、低コストで信頼性が高く、且つ高輝度化を向上させた半導体発光素子及びその製造方法を提供することである。

20 【0017】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の第1の特徴は、(イ)発光層と、(ロ)発光層に略平行な矩形状の第1の主面と、(ハ)第1の主面に発光層を挟んで対向する矩形状の第2の主面と、(ニ)第1の主面及び第2の主面の間に配置され、粗面からなる第1～第4の側面とを備える半導体発光素子であることを要旨とする。

30 【0018】本発明の第1の特徴によれば、低コストで信頼性が高く、且つ高輝度化を向上させた半導体発光素子を提供することができる。

40 【0019】本発明の第2の特徴において、対向する第1の側面及び第2の側面は、第1の主面の対向する一組の辺に垂直な断面が台形の形状を有し、対向する第3の側面及び第4の側面は、第1の主面の対向する他の組の辺に垂直な断面が逆台形の形状を有することが好ましい。また、第1の側面及び第2の側面は、第1の主面の対向する一組の辺から第2の主面の対応する一組の辺に延在し、一方向に応力を受けるように配置され、第3の側面及び第4の側面は、第1の主面の対向する他の組の辺から第2の主面の対応する他の組の辺に延在し、一方向とは逆の方向に応力を受けるように配置されることが好ましい。また、第1及び第2の側面と第1の主面、及び第3及び第4の側面と第2の主面とのなす角が20～40度の範囲であることが好ましい。また、第1及び第2の主面の面方位は、(100)面からジャスト～20度の範囲であることが好ましい。

50 【0020】本発明の第2の特徴は、(イ)発光領域を有する半導体基板の第1の主面でV字型ブレードを用いて一方向に第1の切り込みを形成する工程と、(ロ)半導体基板の第1の主面に対向する第2の主面でV字型ブ

レードを用いて、一方向と直交する他の方向に第2の切り込みを形成する工程と、(ハ)第1及び第2の切り込みからチップを分離する工程と、(ニ)第1及び第2の切り込み面にウェットエッチングを施し粗面を形成する工程とを含む半導体発光素子の製造方法であることを要旨とする。

【0021】本発明の第2の特徴によれば、低コストで信頼性が高く、且つ高輝度化を向上させた半導体発光素子の製造方法を提供することができる。

【0022】本発明の第2の特徴において、粗面を形成するウェットエッチングが、第1の切り込みを形成した後と第2の切り込みを形成した後に実施されてもよい。また、ウェットエッチングが塩酸により行われることが好ましい。

【0023】本発明の第3の特徴は、(イ)発光領域を有する半導体基板をチップに分離する工程と、(ロ)チップにフッ酸を用いてウェットエッチングを施し粗面を形成する工程とを含む半導体発光素子の製造方法であることを要旨とする。

【0024】本発明の第5の特徴によれば、低コストで信頼性が高く、且つ高輝度化を向上させた半導体発光素子の製造方法を提供することができる。

【0025】本発明の第3の特徴において、半導体基板の面方位は、(100)面からジャスト〜20度の範囲の{100}面であることが好ましい。また、チップの形状は、直方体でも粗面を形成することができる。

【0026】本発明の第1〜第3の特徴において、粗面の粗さの間隔が0.5〜5 μ mの範囲であることが好ましい。

【0027】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。以下の図面の記載において、同一または類似の部分には同一または類似の符号が付してある。但し、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参照して判断すべきものである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0028】(第1の実施の形態)図1は、本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子(LEDチップ)の構造を示す斜視図であり、図2(a)、図2(b)は、図1に示したLEDチップの側面図、図2(c)は、その上面図である。

【0029】このLEDチップは、図1に示すように、例えば支持基板41にGaP、発光層42にInGaAlPを採用したLEDウェーハ(例えば厚さ:150 μ m)により作製される六面体の基本形状を成している。上面(第1の主面)15である長方形(例えば長辺:300 μ m、短辺:160 μ m)と底面(第2の主面)1

0である長方形(例えば長辺:300 μ m、短辺:126 μ m)とが直交して形成され、さらに第1、第2、第3及び第4の側面11、12、13及び14のうち、対向する第1及び第2の側面11、12が同形状同寸法の台形で形成され、残りの対向する第3及び第4の側面13、14が第1及び第2の側面11、12の台形を180度反転した逆台形で形成されている。

【0030】具体的には、長方形である上面15の2つの短辺が台形である第1及び第2の側面11、12の上辺となり、第1及び第2の側面11、12の底辺が長方形である底面10の長辺になっている。また、長方形である上面15の2つの長辺が台形である第3及び第4の側面13、14の底辺となり、第3及び第4の側面13、14の上辺が長方形である底面10の短辺になっている。これによって、このLEDチップの第1及び第2の側面11、12が、図2(a)に示すようにLEDチップの上面15の垂線Mに対してなす傾斜角 α は、約プラス30度の傾斜をもち、第3及び第4の側面13、14が、図2(b)に示すように上面15の垂線Mに対してなす傾斜角 β は、例えば約マイナス30度の傾斜をもちような構造となる。すなわち、チップの側面を構成する第1〜第4の側面11〜14は、上面15に対して同じ傾斜角 α をもつ対向する第1及び第2の側面11、12と、第1及び第2の側面11、12とほぼ同じ大きさで負の傾斜角 β をもつ対向する第3及び第4の側面13、14により構成されている。ここで、第1〜第4の側面11〜14が上面15の垂線Mに対してなす傾斜角 α 、 β は、約30度としているが、傾斜角 α 、 β としては、20〜40度の範囲であればよい。

【0031】そして、各面10〜15の結晶方位は、底面10が(−100)、第1の側面11が(−1−1−1)P面、第2の側面12が(−111)P面、第3の側面13が(11−1)P面、第4の側面14が(1−11)P面、上面15が(100)の発光層(InGaAlP)となり、全ての側面11〜14が{111}P面、もしくはそれに近い結晶方位をもつ結晶面により構成され、これによって各側面11〜14は、粗面の粗さの周期が、例えば1 μ m程度で粗面化が実現されている。ここで、「粗さの周期」とは、粗面の隣接する突起の先端間の距離である。第1の実施の形態では、粗面の粗さの周期を約1 μ mとしているが、約0.5〜5 μ mの範囲であれば、同様の効果が得られる。

【0032】このような構造の第1の実施の形態のLEDチップは、従来、最大でも2側面しか加工できなかった側面の粗面化が4面全ての側面に対して可能となるので、光取り出し効率の大幅な向上が可能になる。さらに、左右、上下に対称な形状をしているので、樹脂モールドの応力がチップに均等に加わり、その結果として信頼性を向上させることができる。

【0033】以下、上記形状(以下、変形ピラミッド型

と記す)のLEDチップの製造方法について、図3

(a)～図3(d)、及び図4(a)～図4(c)を参照しつつ説明する。

【0034】(イ)図3(a)に示すように、支持基板41にGaP、その上部の発光層42にInGaAlPを採用した150μm厚のLEDウェーハ(半導体基板、図4(a)参照)40の上面に、レジスト層43を形成する。支持基板41の種類に関わらず基本的となるプロセスは共通であるので、基板が発光波長に対してほぼ透明ならば、発光層42がInGaN、GaAs、GaAlAs、GaAsPなどの各種LEDへの適応が可能なのはいうまでもない。

【0035】(ロ)このLEDウェーハ40を、図3(a)に示すようにダイシングシート30上に固定し、LEDウェーハ40に対して、先端角60度の断面V字型のブレード20を用い、一方向にダイシングして第1の切り込み(ダイシングライン)51を形成する(図4(b)参照)。このダイシングの際、第1の切り込み51の深さはLEDウェーハ40を完全に分離しないように設定する。つまり、300μmピッチでウェーハ表面から例えば、120μmの深さまで切り込む。ブレード20の先端角は60度であるのでチップ側壁の傾斜は30度になる。

【0036】(ハ)次にLEDウェーハ40をダイシングシート30から剥がし、図3(b)に示すように、表裏を反転させて再度ダイシングシート31に固定する。この際、最初のダイシングでフルカットやウェーハに割れが発生しないように第1の切り込み51の深さを設定しているので、ダイシングシートからの分離、貼り替えが容易に行える。LEDウェーハ40をダイシングシート31に固定したら、表側の第1の切り込み51と直交する方向に裏面をダイシングして第2の切り込み52を形成する(図4(c)参照)。

【0037】上記のように、ブレード20の先端角は60度で、チップの高さに相当する基板厚は150μmで、300μmピッチでウェーハ表面から120μmの深さまで切り込んだ後、表裏を反転して、裏面を300μmピッチでフルダイスする。このダイシング条件で、表面は長辺300μm、短辺160μm、裏面は長辺300μm、短辺126μmの長方形となる。このように基板の厚さ、ブレードの先端角度、ダイシングのピッチ、切り残し厚を設定することにより、様々な大きさ、形状の変形ピラミッド型チップを実現できる。例えば、ダイシングに先端角60度の断面V字型のブレード20を用いているが、ブレード20の先端角として40～80度の範囲であればよく、この場合、チップ側壁の傾斜は20～40度となる。

【0038】なお、裏面のダイシングは、ダイシング後に確実にプレーキング等の方法を用いてチップを分離できるなら、フルカット、セミフルカットのいずれでも構

わない。

【0039】(ニ)上述のようにダイシングした後、プレーキングを行うと、図3(c)に示すように割れ目53が生じて個々のLEDチップ48に分離され、このときにダイシングシート31を引き延ばすことにより、図3(d)に示すように、ダイシングシート31上にレジスト層43を介し、全ての側面が{111}P面、もしくはそれに近い結晶方位をもつ結晶面により構成された変形ピラミッド型LEDチップ48が得られる。

【0040】次に、上記の如く得られた変形ピラミッド型LEDチップ48の表面を粗面加工する方法を図5

(a)～図5(d)、及び図6(e)～図6(f)を用いて説明する。LEDチップ48の側面を発光波長程度の周期で粗面化すると、粗面加工層は半導体である突起と真空の平均的な有効屈折率を持った様な混合層と見なすことができる。したがって、擬似的に連続した屈折率をもつ反射防止膜が実現でき、大きな輝度の向上が期待できる。本発明の第1の実施の形態に係るLEDチップ48では、電子線描画装置(EB)や反応性イオンエッチング(RIE)等の装置を使ったプロセスに比べて、安価なコストで粗面化を実現できるウェットエッチングによる粗面加工を行う。

【0041】(イ)まず、図3(d)に示したように、ダイシングシート31上に個々の変形ピラミッド型LEDチップ48が接着されている状態で、さらに図5

(a)に示すように、変形ピラミッド型LEDチップ48を挟んでダイシングシート31と対向する側に耐酸性シート32を貼る。

【0042】(ロ)そして、図5(b)に示すように、表裏を反転してダイシングシート31を剥がした後、耐酸性シート32上の個々のLEDチップ48群を、図5(c)に示すように、塩酸(HCl)と過酸化水素水(H₂O₂)の混合液60に浸漬し、ダイシングした側面の破碎層を除去して、その表面を滑らかにする。

【0043】(ハ)その後、水洗して、図5(d)に示すように塩酸溶液61の中に浸漬し、LEDチップ48の4側面をウェットエッチングすると(ウェットエッチングの条件は60℃、10分)、4側面全てが粗面45となる。

【0044】(ニ)粗面加工後のLEDチップ48群を水洗した後に図6(e)に示すように現像液62に浸漬してレジスト層43を除去し、水洗及び乾燥すると、図6(f)に示すように全ての側面が、粗さの周期Drで粗面加工された変形ピラミッド型のLEDチップ48が得られる。粗面45となった側面をSEMモニタで観察すると、粗面45の粗さの周期Drは、およそ0.1～1μmで、可視光の波長と同等、もしくは充分短い周期であることが判る。

【0045】なお、上記の粗面加工において、発光層42がInGaAlPであったため、発光層42を塩酸に

よるウェットエッチングから保護するために、第1の実施の形態では、ダイシング前に予め発光層42をレジスト層43で保護する場合を示したが、発光層42が充分エッチングに耐えられるような材料であれば、レジスト層43を設けて発光層42を保護する必要はない。

【0046】支持基板41にGaPを使ったInGaAlPのLEDに粗面加工を施すためには、GaP特有の異方性エッチングを考慮する必要がある。通常用いられるGaP基板の表面は(100)面、もしくは(100)面を若干傾けた結晶面である。

【0047】塩酸でGaPを粗面加工する場合、最も粗面化の進む面は{111}P面であり、(100)面や(110)面、もしくはこれらと等価な面を粗面化することはできない。従って、図7に示すような、第1及び第2の側面71、72が(011)および(0-1-1)で、且つ第3及び第4の側面73、74が(01-1)及び(0-11)で、上面及び底面75、76が(100)および(-100)である直方体のGaP基板を用いたLEDチップの側面を粗面化することは不可能である。

【0048】しかしながら、側面を斜めにカットして(111)面を出せば、その側面を粗面化することはできる。例えば基板の表面が(100)面として、(111)面を側面に出すためには、主軸[100]と主軸[111]の成す角は54.7度であるので、ウェーハ表面に対して90度から54.7度を引いた35.3度の2倍、つまり先端角が70.6度のブレードでダイシングすればよい。

【0049】実際に、図8に示すように、(100)が表面のGaPウェーハを先端角度70度のブレードを用いて(01-1)方向に平行及び直角にダイシングし、その側面を塩酸でエッチングした切頭ピラミッド型の場合は、4面ある側面のうちP原子が最表面に出ている(11-1)面及び(1-11)面の第1及び第2の側面81、82は粗面化ができるが、Ga原子が最表面に出ている(111)面及び(1-1-1)面の第3及び第4の側面83、84は粗面化はできない。

【0050】この切頭ピラミッド型LEDチップをLEDランプに組み立て、その輝度を測定したところ、直方体のLEDチップの1.5倍に輝度が向上した。つまり、4面ある側面のうち2面を粗面化することで輝度が50%向上する。従って、4面全てを粗面化することができれば、直方体LEDチップの2倍の輝度を期待できる。

【0051】結晶面の中で粗面化することができる面は{111}P面で、{111}P面の等価な面は、(1-1-1-1)、(11-11)、(1-111)、(111)の4面ある。第1の実施の形態において、この4面を側面とするチップの形状と、またその形状を実現する製造方法を、上述したように説明している。

【0052】本発明の第1の実施の形態に係る変形ピラミッド型LEDチップの輝度を測定した結果を図9に示す。

【0053】図9においては、比較として、例えば、同一ウェーハを3分割し、一部は従来型の直方体型、一部は切頭ピラミッド型、残りを変形ピラミッド型とし、LEDランプを試作してチップ形状による光取り出し効率向上の効果を確認した。

【0054】輝度はLEDチップに20mAの電流を流して、LEDチップから出てくる光量を積分球で測定し、直方体型のLEDチップはスクライプで製作し、切頭ピラミッド型と変形ピラミッド型のLEDチップはダイシング後に塩酸によるウェットエッチングで粗面化を行なった。LEDチップの厚さは150μm、ブレードの先端角度は70度を使用した。この条件で切頭ピラミッド型の側面は{111}P面が2面、変形ピラミッド型の側面は{111}P面が4面出ている。測定したサンプル数は各条件について10個である。

【0055】図9から明らかなように、従来の直方体型のLEDチップと比較して切頭ピラミッド型のLEDチップは約1.5倍、変形ピラミッド型のLEDチップは約1.9倍の輝度であった。従って、4面ある側面のうち、2面を粗面化した効果が50%の輝度向上、残りの2面を粗面化した効果が40%の輝度向上に資するものと推定できる。

【0056】このように、本発明の第1の実施の形態の変形ピラミッド型のLEDチップは、従来型のLEDチップにダイシングとウェットエッチングという低コストのプロセスを追加しただけで、2倍近い高輝度化を達成できる。

【0057】次に、本発明の第1の実施の形態に係る変形ピラミッド型LEDチップの信頼性を測定した結果を図10に示す。

【0058】図10においては、樹脂モールドした直方体型、切頭ピラミッド型、変形ピラミッド型の3種類のLEDチップで、-40度で50mAの加速通電試験を行った結果を示す。

【0059】従来の直方体型LEDチップでは1万時間で残存率95%、切頭ピラミッド型では残存率55%、変形ピラミッド型では92%で、切頭ピラミッド型のLEDチップの残存率が著しく小さい。この原因は以下のように説明できる。

【0060】低温でLEDチップはモールドした樹脂から圧縮応力を受ける。直方体型のLEDチップ側面は樹脂から均一な応力を受けるものの、切頭ピラミッド型チップでは斜面に垂直方向に応力が加わり、その結果、LEDチップを持ち上げる方向に応力が発生する。このアンバランスな応力と通電のエネルギーにより、切頭ピラミッド型のLEDチップでは発光層まで貫通転位が伸び、発光効率が小さくなるものと考えられる。

【0061】また変形ピラミッド型のLEDチップは切頭ピラミッド型と同様に側面を傾斜させているが、傾斜の方向が異なる2面同士が互いに応力を打ち消し合い、切頭ピラミッド型のようなアンバランスな応力は生じない。つまり、形状の線対称性が保たれている直方体型のLEDチップや変形ピラミッド型のLEDチップの場合、LEDチップに加わる応力は全体として打ち消し合っているため、応力による転位の発生は少なく、長期信頼性に対しては有利である。逆に、切頭ピラミッド型LEDチップは線対称性が崩れ、LEDチップの一部に応力が集中するため、多くの転位が発生する。この転位が輝度低下を招き、長期信頼性を損なう原因となっている。したがって、本発明の第1の実施の形態に係る変形ピラミッド型の構造は信頼性の面からも非常に有利な構造であることが判る。

【0062】このように、本発明の第1の実施の形態に係る変形ピラミッド型のLEDチップを、ダイシングとウェットエッチングの組み合わせにより低コストの方法で作製し、LEDチップの信頼性の確保と高輝度化を実現している。

【0063】(第1の実施の形態の変形例) 図1で示した構造の変形ピラミッド型のLEDチップの製造方法について、本発明の第1の実施の形態では、全ての側面11～14が【111】P面、もしくはそれに近い結晶方位をもつ結晶面により構成された変形ピラミッド型チップを予め作製しておき、その後に粗面加工を実施するようにしたが、本発明の第1の実施の形態の変形例では、変形ピラミッドピラミッド型LEDチップの作製途中で粗面加工を実施するようにしている点が異なり、他は第1の実施の形態と同様であるので、重複した説明は省略する。

【0064】以下、本発明の第1の実施の形態の変形例に係る変形ピラミッド型LEDチップの製造方法について、図11(a)～図11(d)、図12(e)～図12(H)、図13(i)、及び図13(j)を参照しつつ説明する。

【0065】(イ) まず、図11(a)に示すように、耐酸性シート32上に固定し、LEDウェーハ40の表面に対して、先端角60度の断面V字型のブレード20を用い、一方向にダイシングして第1の切り込み51を形成する(図4(b)参照)。

【0066】(ロ) 次に図11(b)に示すように、塩酸と過酸化水素水の混合液60に浸漬し、ダイシングした側面の破砕層を除去して、その表面を滑らかにする。その後、水洗し、図11(c)に示すように、塩酸61の中に浸漬してウェットエッチングすると(ウェットエッチングの条件は60℃、10分)、第1の切り込み51面が粗面45となる。

【0067】(ハ) その後、洗浄且つ乾燥して耐酸性シート32から剥がし、図11(d)に示すように、2側

面の粗面加工後のLEDウェーハ40を表裏反転して耐酸性シート33に固定する。LEDウェーハ40の表面側の第1の切り込み51と直交する方向に裏面をダイシングして第2の切り込み52を形成する(図4(c)参照)。

【0068】(ニ) 次に図12(e)に示すように、塩酸と過酸化水素水の混合液60に浸漬し、ダイシングした側面の破砕層を除去して、その表面を滑らかにする。その後、水洗し、図12(f)に示すように、塩酸61の中に浸漬してウェットエッチングして(ウェットエッチングの条件は60℃、10分)、第2の切り込み52面の粗面加工をおこなう。

【0069】(ホ) その後、洗浄且つ乾燥し、ブレーキングを行うと、図12(g)に示すように割れ目53が生じて個々の変形ピラミッド型LEDチップ48に分離され、このときに耐酸性シート33を引き延ばし、さらに、図12(h)に示すように、変形ピラミッド型LEDチップ48を挟んで耐酸性シート33と対向する側に新たに耐酸性シート34を貼る。

【0070】(ヘ) そして、表裏反転して耐酸性シート33を剥がし、図13(i)に示すように現像液62に浸漬してレジスト層43を除去する。そして、水洗及び乾燥して耐酸性シート34を剥がすと、図13(j)に示すように全ての側面が粗面加工された変形ピラミッド型のLEDチップ48が得られる。

【0071】このように、本発明の第1の実施の形態の変形例に係るLEDの製造方法によれば、高信頼性で高輝度化を実現する変形ピラミッド型のLEDチップを、ダイシングとウェットエッチングの組み合わせにより低コストの方法で作製することができる。

【0072】(第2の実施の形態) 本発明の第2の実施の形態に係るLEDチップ148は、図14に示すように、GaPの支持基板の上に、発光層を有するInGaAlPエピタキシャル層が配置されている。支持基板は、p型GaP基板108と、p型GaP基板108の上に設けた高濃度のp型GaP層107を有する。InGaAlPエピタキシャル層は、高濃度のn型電流拡散層102と、n型クラッド層103と、活性層104と、p型クラッド層105と、及び、接着層106とを積層した構造を有する。発光層は、n型クラッド層103とp型クラッド層105とに挟まれて配置されている活性層104である。支持基板のp型GaP層107の上にInGaAlPエピタキシャル層の接着層106が直接配置される。p型GaP基板108の裏面及びn型電流拡散層102の表面には、それぞれ電極109及び110が設置されている。また、支持基板の側面は、粗さの周期がDsの粗面111を有する。

【0073】本発明の第2の実施の形態に係るLEDチップ148の製造方法では、第1の実施の形態での述べた【111】P面だけでなく、他の面にも粗面が形成で

きるエッチャントを用いる。GaPに対するエッチャントとしては、塩酸以外にも、例えば、硫酸-過酸化水素水（ $\text{H}_2\text{SO}_4-\text{H}_2\text{O}_2-\text{H}_2\text{O}$ ）、塩酸-過酸化水素水-硫酸（ $\text{HCl}-\text{H}_2\text{O}_2-\text{H}_2\text{SO}_4$ ）、フッ酸（HF）、硝酸（ HNO_3 ）等が用いられる。粗面が形成できるのは、しかし、HClとHFである。HClは、

（111）P面に対してだけ粗面を形成するが、HFは、（111）P面、（111）Ga面及び（110）面に対して粗面を形成することができる。（100）面はいずれのエッチャントでも粗面を形成することができない。第2の実施の形態においては、HFを用いてLEDの側面に粗面を形成する方法を、図15（a）～図15（d）に示す断面工程図により説明する。

【0074】（イ）まず、図15（a）に示すように、面方位（100）のn型GaAs基板101の上にn型電流拡散層102、n型クラッド層103、活性層104、p型クラッド層105、接着層106を順次成長させたInGaAlPエピウェーハを作製する。また、図15（b）に示すように、面方位（100）のp型GaP基板108の上に $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度の高濃度のp型GaP層107を成長させた支持基板を準備する。

【0075】（ロ）支持基板のp型GaP層107の表面にエピウェーハの接着層106の表面を直接貼り合わせ法のより接着する。その後、研磨やエッチング等によりエピウェーハのn型GaAs基板101を除去して、n型電流拡散層102表面を露出させる。そして、図15（c）に示すように、p型GaP基板108の表面及びn型電流拡散層102の表面に、それぞれ電極109及び110を真空蒸着法等により金属を堆積して形成する。

【0076】（ハ）次に、スクライブやダイシング等の方法でLEDチップ148を分離する。第2の実施の形態に係るLEDでは、（110）面に沿った劈開方向で垂直に分離して直方体構造としている。例えば、スクライブ法で分離する場合、p型GaP基板108側をスクライブ用シートに装着してスクライブを行う。そして、スクライブシートからn型電流拡散層側を粘着シートに貼り付けて移し、粘着シートを引き伸ばしてLEDチップ148を分離する。この状態でHFに浸漬してウェットエッチングを行い、図15（d）に示すように、LEDチップ148側面に粗面111を形成する。HFの濃度は、例えば、49%で、エッチング時間は20分としているが、エッチング条件は適宜選択できることは、勿論である。HF浸漬（ウェットエッチング）により、LEDチップ148の側面全体に $1 \sim 5 \mu\text{m}$ の粗さの周期Dsで粗面111が形成される。HFによる粗面111形成後、流水中で15分間洗浄し、乾燥後LEDチップ148をランプに組み立てる。

【0077】HF浸漬により側面全体に粗面111を形成したLEDチップ148を用いたランプは、図16に

示すように、粗面無しのLEDチップのランプに比べて、約47%の輝度向上が認められる。

【0078】本発明の第2の実施の形態に係るLEDでは、接着するp型GaP基板108に、表面の面方位が（100）面、もしくは（100）面から $0.5 \sim 20$ 度以内、好ましくは $5 \sim 15$ 度傾斜したウェーハを用いている。LEDの電極109が形成されるp型GaP基板108の裏面には粗面は無いほうが良い。HF浸漬による粗面加工では、（100）面、及び（100）面から 20 度以内で傾斜した結晶面は粗面にすることができない。

【0079】直方体形状のLEDチップの場合、例えば、（100）面を側面に配置する構造では、4つの側面のうち2面は粗面が形成されない（100）面であるが、残りの2面は粗面形成が可能な（110）面となる。したがって、粗面が形成されている（110）面の2側面では光取り出し効率は大きくて明るくなり、一方（100）面の2側面は暗くなる。そのため、LEDランプの重要な特性の一つである配光特性が損なわれる。したがって、HF浸漬による粗面加工を利用するLEDチップでは、側面に（100）面が現れないようにする。本発明の第2の実施の形態では、（100）面を配光特性に影響を及ぼさない電極面としている。このように、（100）面を電極面とすると、直方体構造のLEDチップの側面はいずれも（100）面以外の、例えば、（110）面となるため配光特性の良好な、高輝度のLEDランプを実現することができる。

【0080】HF浸漬による粗さの周期は、エッチング時間と面方位に大きく依存する。特に、エッチング時間が長いほど粗さの周期は大きくなる傾向がある。直方体形状のLEDの輝度向上効果は、図17に示すように、粗さの周期が約 $0.5 \sim 5 \mu\text{m}$ の範囲で粗面無しのLEDチップに比べ約1.5倍となる。

【0081】本発明の第2の実施の形態に係るLEDチップの製造方法によれば、直方体形状で配光特性が良好で、高信頼性で高輝度化のLEDチップを実現することができる。

【0082】（その他の実施の形態）上記のように、本発明の第1～第4の実施の形態を記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施の形態及び運用技術が明らかとなろう。

【0083】本発明の第1の実施の形態及び第1の実施の形態の変形例に係るLEDチップにおいては、GaP基板を用いて変形ピラミッド型の形状を形成しているが、GaP基板を使用したLEDウェーハのみならず、発光波長に対してほぼ透明な基板を使用している各種のLED、例えばサファイヤ基板やGaAs基板、InP基板を利用したLEDに適応できることはもちろんであ

る。また、本発明の第1及び第1の実施の形態の変形例に係る構造は、切り残し厚さや、側壁の角度、基板の厚さ、ダイシングのピッチなどの組み合わせにより様々な形状を加工することができる、非常に汎用性の大きな構造であり、この構造を元として様々なバリエーションが考えられる。また、基板の種類や面方位によっては、本発明の第1及び第2の実施の形態に係る形状を作る手段として、ダイシング及びスクライプのみならずワイヤーソー、研磨、あるいはへき開などの技術を用いることができるのも当然である。また本発明の主旨によれば、(100)基板のみならず(100)から任意の角度でオフした基板にも適応できることはいうまでもない。

【0084】このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【0085】

【発明の効果】本発明によれば、低コストで信頼性が高く、且つ高輝度化を向上させた半導体発光素子を提供することができる。

【0086】また、本発明によれば、低コストで信頼性が高く、且つ高輝度化を向上させた半導体発光素子の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子(LEDチップ)の構造を示す斜視図である。

【図2】図1に示したLEDチップの側面と上面図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係るLEDチップの製造方法を示す工程図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係るLEDチップの製造時におけるウェーハの状態を示す図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係るLEDチップの粗面加工方法を示す図である。

【図6】図5の続きの工程図である。

【図7】直方体型LEDチップの概観図である。

【図8】切頭ピラミッド型LEDチップの概観図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態に係る変形ピラミッド型LEDチップの輝度の測定結果を示すグラフである。

【図10】本発明の第1の実施の形態に係る変形ピラミッド型LEDチップの信頼性の測定結果を示すグラフである。

【図11】本発明の第1の実施の形態の変形例に係るLEDチップの製造方法を示す工程図である。

【図12】図11の続きの工程図である。

【図13】図12の続きの工程図である。

【図14】本発明の本発明の第1の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子(LEDチップ)の構造を示す斜視図である。

【図15】本発明の本発明の第1の実施の形態の変形例に係るLEDの製造方法を示す工程図である。

【図16】粗面有および無のLEDの輝度の測定結果を示すグラフである。

【図17】LEDの粗面の粗さの周期と輝度の関係を示すグラフである。

【符号の説明】

10、70、80 底面(第2の主面)

11、71、81 第1の側面

12、72、82 第2の側面

13、73、83 第3の側面

14、74、84 第4の側面

15、75、85 上面(第1の主面)

20 ブレード

30、31 ダイシングシート

32、33、34 耐酸性シート

40 LEDウェーハ

41 支持基板

42 発光層

43 レジスト層

45、111 粗面

48、148 LEDチップ

51 第1の切り込み

52 第2の切り込み

53 割れ目

60 混合液

61 塩酸溶液

62 現像液

101 n型GaAs基板

102 n型で電拡散層

103 n型クラッド層

104 活性層

105 p型クラッド層

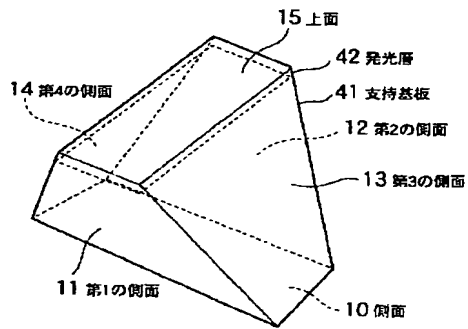
106 接着層

107 p型GaP層

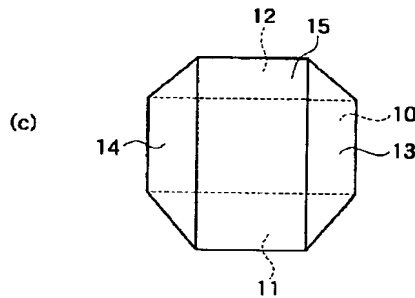
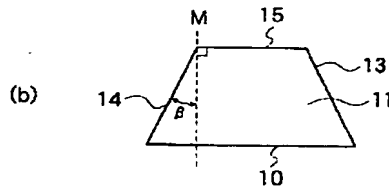
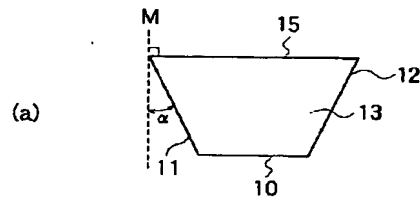
108 GaP基板

109、110 電極

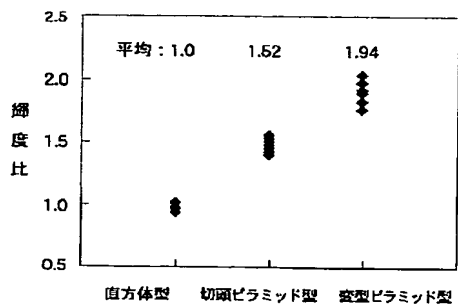
【図1】



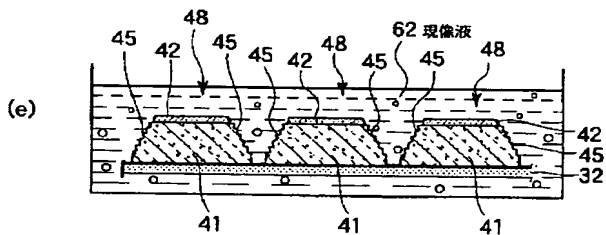
【図2】



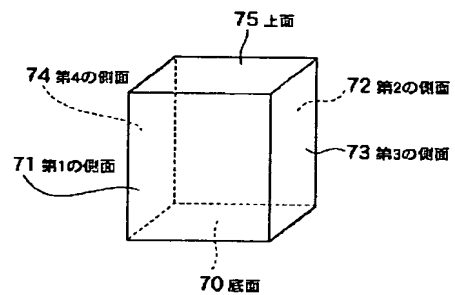
【図9】



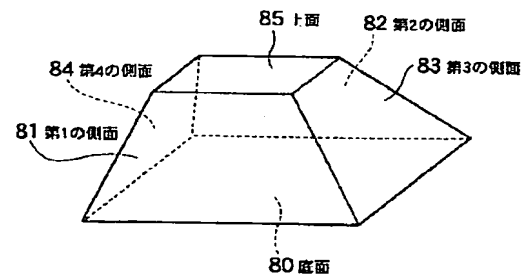
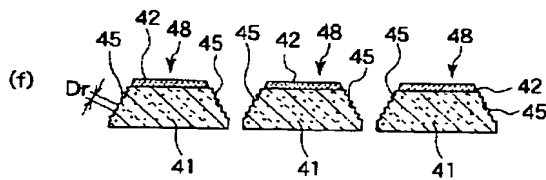
【図6】



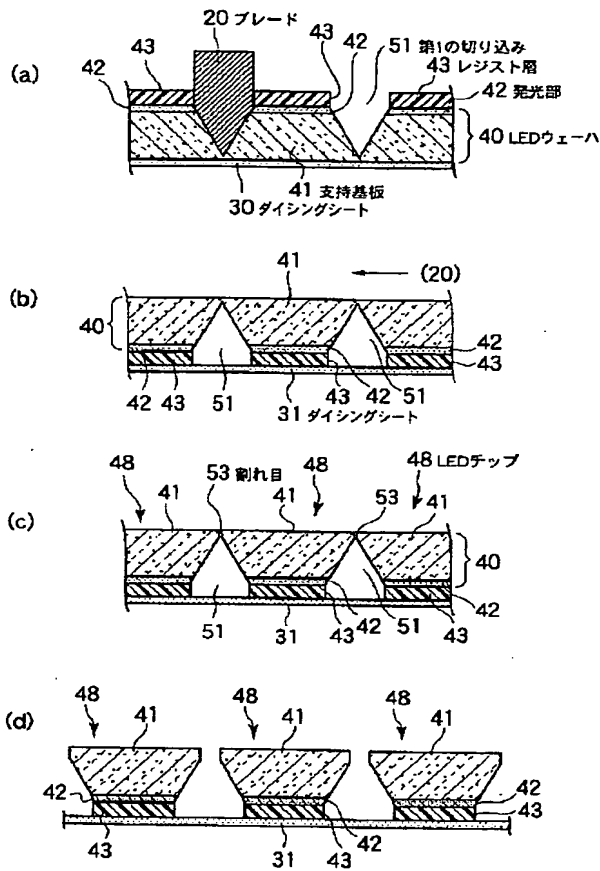
【図7】



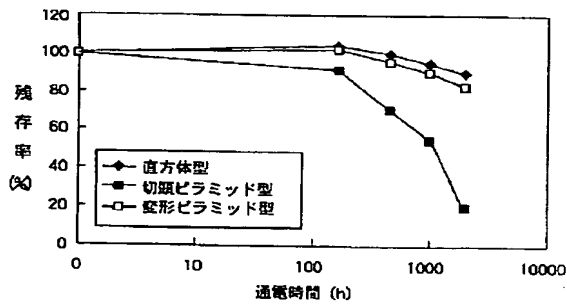
【図8】



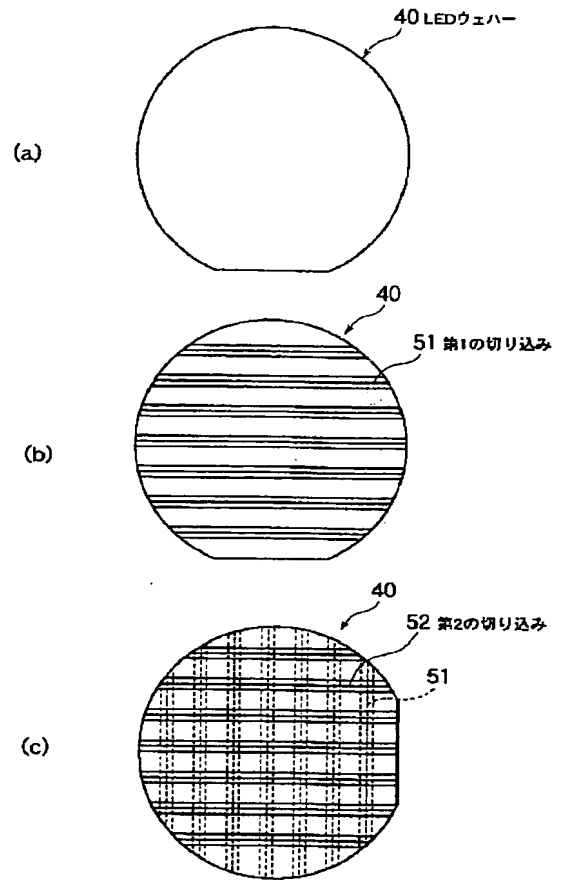
【図3】



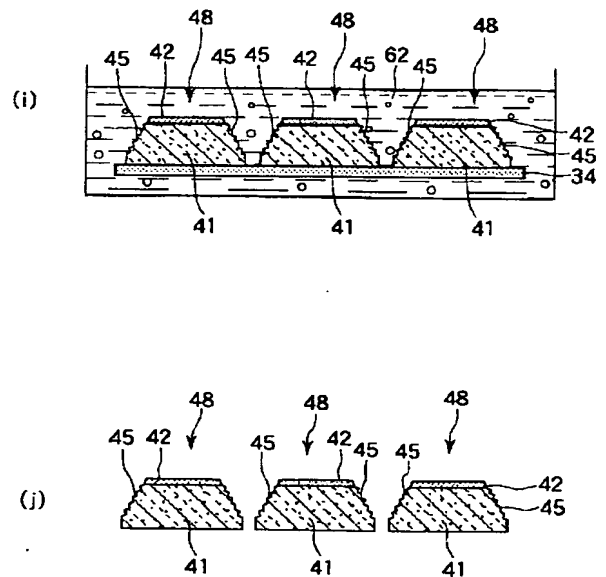
【図10】



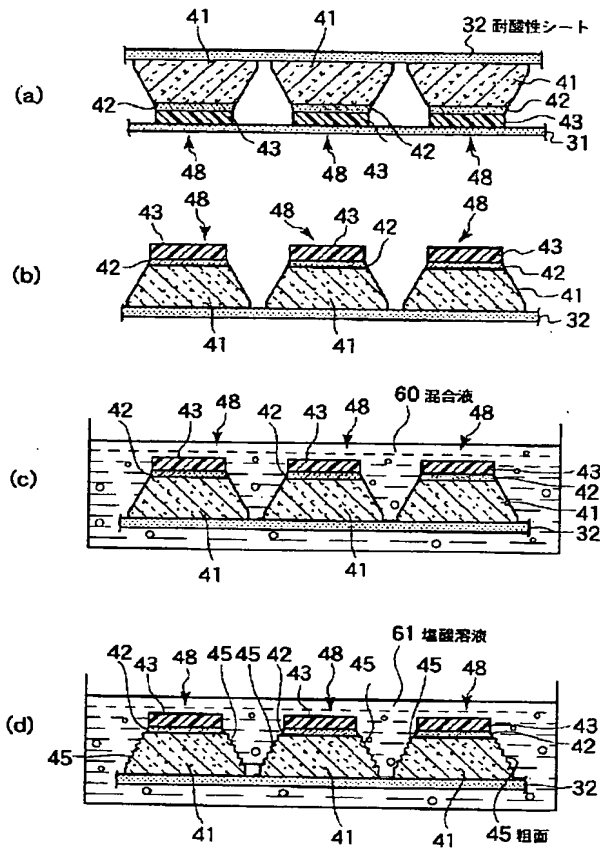
【図4】



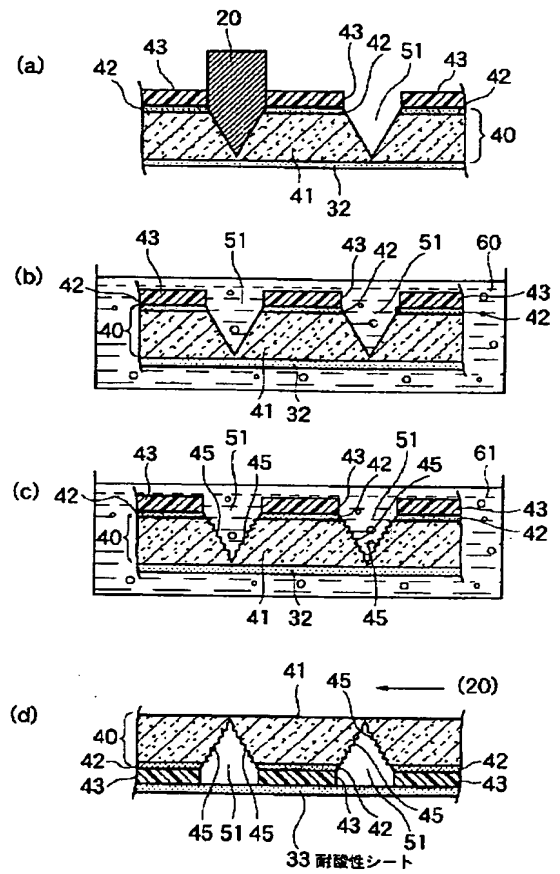
【図13】



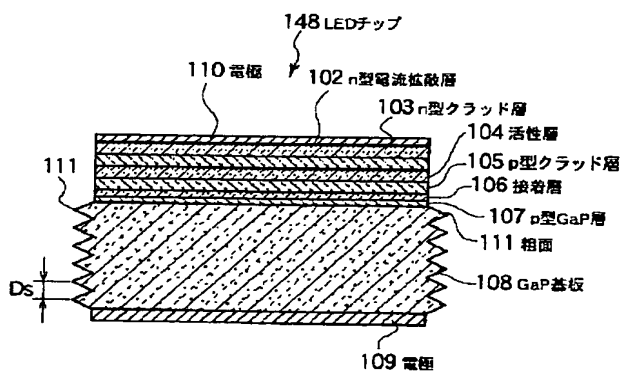
【図5】



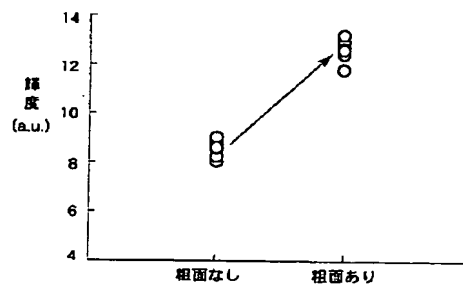
【図11】



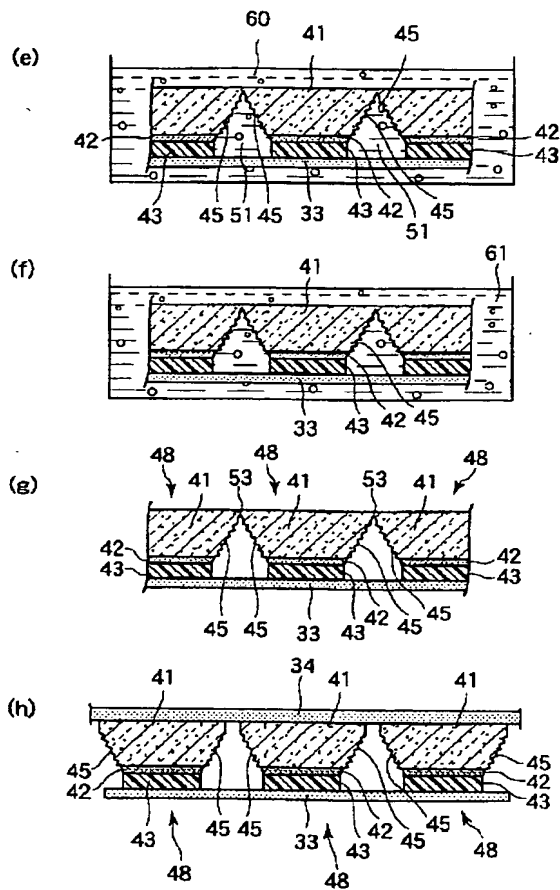
【図14】



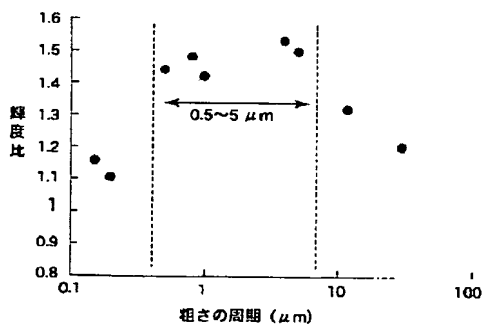
【図16】



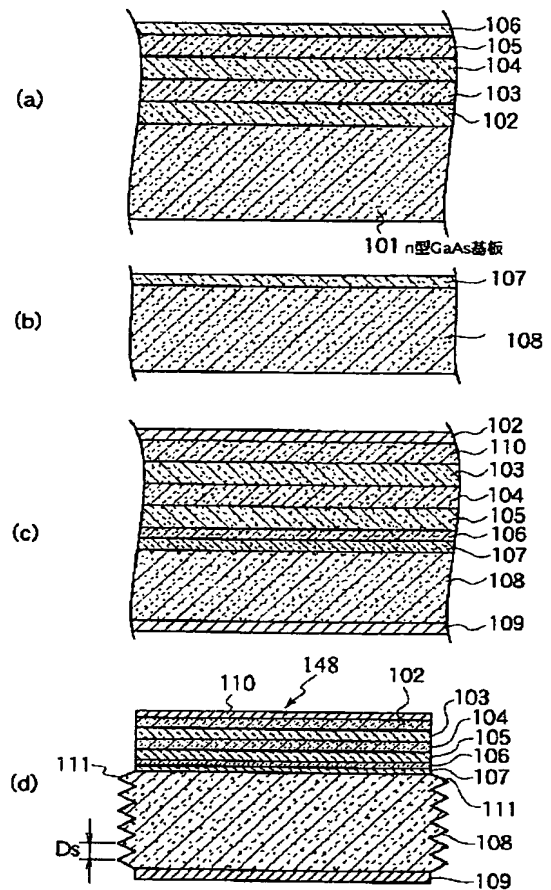
【図12】



【図17】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 鷺塚 章一
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

(72)発明者 衣川 佳之
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

Fターム(参考) 5F041 AA04 CA23 CA34 CA35 CA36
CA37 CA38 CA74 CA76
5F043 AA03 AA14 BB07 FF10 GG10